

5. 対策工法の検討

5.1. 概要

以下で選定した対策工法について、FLIPによる地震応答解析を実施し、その対策効果を検証する。
 なお、本検討は当該地区の代表的な護岸構造、地層構成に基づいた断面を想定しており、護岸又はその背後地盤を所有・管理する者は、本影響評価結果を参考に、検討対象位置における液状化による側方流動の可能性について詳細調査を実施し、危険物施設への影響や災害発生の検討を行い、必要に応じて対策を講じるものとする。

5.2. 対策工法選定

護岸や背後地盤の変形は、液状化に伴う側方流動圧による影響が大きいと考えられる。護岸や背後地盤の変形の抑制対策となる代表的な液状化対策工法を表 5.2.1 に示す。

なお今回は、現場での施工性を考慮して、以後は深層混合処理工法を前提に検討を実施する。

表 5.2.1 液状化対策工法

代表工法	液状化対策原理
締固め工法	地盤の密度を増大
深層混合処理工法	地盤の固結
薬液注入工法	過剰間隙水の移動の抑制

5.3. 対策範囲

対策範囲は、図 5.3.1 に示すように (1) (2) 背後地盤の対策、(3) 護岸の対策の3ケースについて実施する。

なお、CASE3 については、現況解析で護岸および背後地盤の変形が十分小さいこと、また、護岸直下の基礎地盤の剛性が十分高いこと等から、参考として(1)のみ解析を実施する。対策範囲は、CASE1、2の半分程度を対策することで一定の対策効果が得られたことから、CASE3のみ範囲を0~25mとした。

現況解析で最も変形の大きかった CASE2 については、施設直下の対策を想定した護岸背後 50~100m の範囲を改良したケースも併せて実施した。実施ケースの一覧表を表 5.3.1 に示す。

表 5.3.1 対策工実施ケース一覧表

CASE	対策(1)	対策(2)	対策(3)
CASE1	○	—	○
CASE2	○	○	○
CASE3	○	—	—

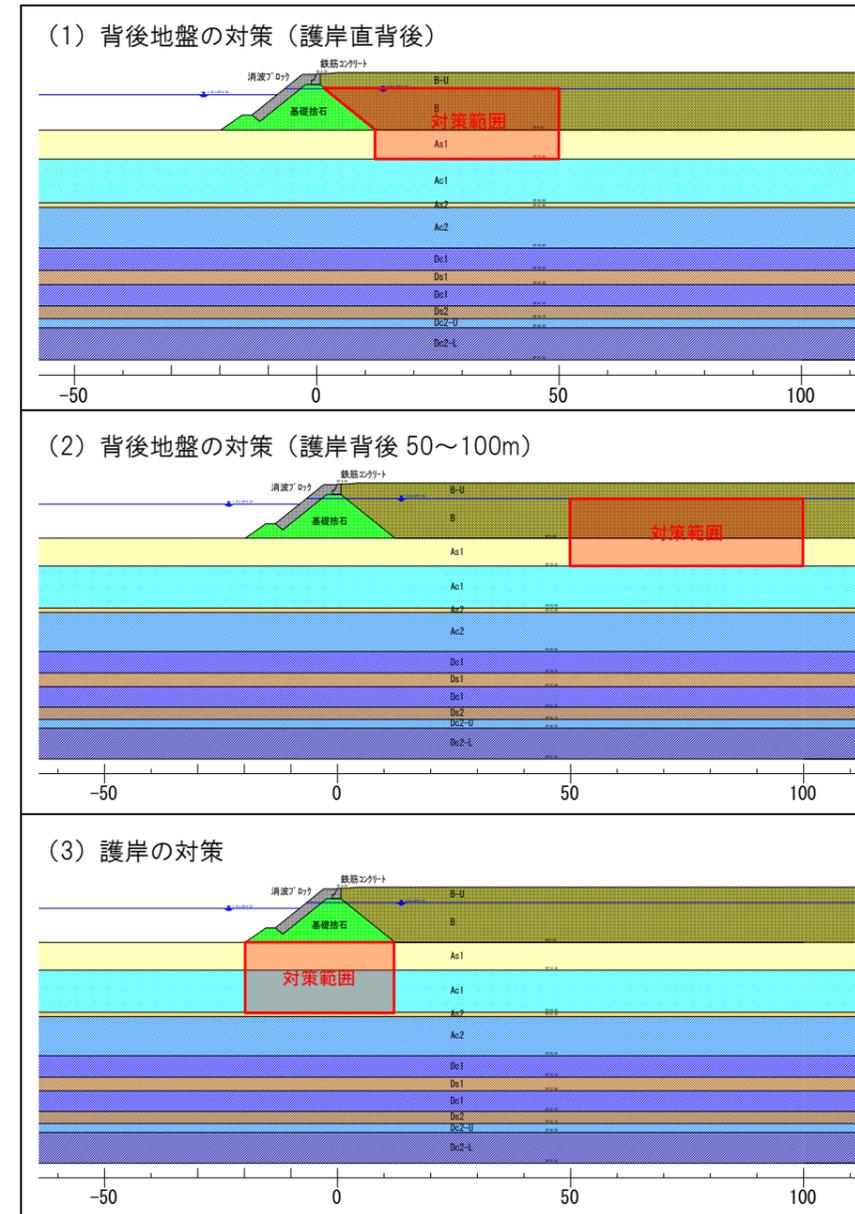


図 5.3.1 対策範囲

5.4. 地震応答解析（対策工）

5.4.1. 解析結果（対策工）

対策工の解析結果一覧を表 5.4.1 に示す。護岸背後地盤の液状化対策では主に沈下量抑制、護岸直下の対策では護岸および背後地盤の水平変位の抑制に効果が見込まれる結果となった。各対策ケースの解析結果の詳細を図 5.4.1～図 5.4.6 にそれぞれ示す。

表 5.4.1 解析結果一覧表

断面	ケース		x=0 m（護岸位置）					x=25 m					x=50 m				
			水平変位	鉛直変位				水平変位	鉛直変位				水平変位	鉛直変位			
			FLIP 結果 残留変位	FLIP 結果 残留変位	消散 沈下量 (-：沈下)	広域地盤 沈降量 (-：沈下)	合計 沈下量 (-：沈下)	FLIP 結果 残留変位	FLIP 結果 残留変位	消散 沈下量 (-：沈下)	広域地盤 沈降量 (-：沈下)	合計 沈下量 (-：沈下)	FLIP 結果 残留変位	FLIP 結果 残留変位	消散 沈下量 (-：沈下)	広域地盤 沈降量 (-：沈下)	合計 沈下量 (-：沈下)
CASE1	現況		-1.53m (1.00)	-0.32m	-0.01m	-0.28m	-0.61m (1.00)	-1.22m (1.00)	-0.43m	-0.14m	-0.28m	-0.85m (1.00)	-0.70m (1.00)	-0.33m	-0.28m	-0.28m	-0.89m (1.00)
	対策	背後 0-50m	-1.03m (0.67)	-0.26m	-0.02m		-0.56m (0.92)	-1.07m (0.88)	-0.10m	-0.01m		-0.39m (0.46)	-1.05 ^{※2} (1.50)	-0.04 ^{※2}	-0.01m		-0.33m (0.37)
		護岸直下	-1.21m (0.79)	-0.01m	-0.02m		-0.31m (0.51)	-0.69m (0.57)	-0.57m	-0.21m		-1.06m (1.25)	-0.51 (0.73)	-0.24	-0.14m		-0.66m (0.74)
CASE2	現況		-1.89m (1.00)	-0.45m	-0.02m	-0.28m	-0.75m (1.00)	-1.69m (1.00)	-0.41m	-0.06m	-0.28m	-0.75m (1.00)	-1.10m (1.00)	-0.62m	-0.13m	-0.28m	-1.03m (1.00)
	対策	背後 0-50m	-1.43 (0.76)	-0.95m	-0.02m		-1.25m (1.67)	-1.49m (0.88)	-0.27m	0.00m		-0.55m (0.73)	-1.46m ^{※2} (1.33)	0.00m ^{※1,2}	0.00m		-0.28m (0.27)
		背後 50-100m	-1.07m (0.57)	-0.39m	-0.01m		-0.68m (0.91)	-0.91m (0.54)	-0.17m	-0.02m		-0.47m (0.63)	-0.64m ^{※2} (0.58)	-0.03m ^{※2}	0.00m ^{※2}		-0.31m (0.30)
		護岸直下	-0.45m (0.24)	0.00m	0.00m		-0.28m (0.37)	-0.25m (0.15)	-0.18m	-0.05m		-0.51m (0.68)	-0.21m (0.19)	-0.07m	-0.12m		-0.47m (0.46)
CASE3	現況		-0.31m (1.00)	0.00m ^{※1}	0.00m	-0.28m	-0.28m (1.00)	-0.01m (1.00)	-0.02m	-0.10m	-0.28m	-0.40m (1.00)	0.00m (1.00)	-0.01m	-0.10m	-0.28m	-0.39m (1.00)
	対策	背後 0-25m	-0.07m (0.23)	-0.02m	-0.10m		-0.40m (1.43)	-0.03m ^{※2} (3.00)	-0.05m ^{※2}	0.00m		-0.33m (0.83)	+0.01m (-)	-0.02m	-0.10m		-0.40m (1.03)

※1：+0.03～0.06m 浮き上る残留変位となったため、浮き上りは考慮せず、残留沈下量=0.00m として評価した。

※2：背後地盤対策工ケースでは、節点が対策範囲と無対策範囲の境界に位置する場合、境界の影響を除くために隣接節点または要素の値により評価する。

※：赤でハッチングしたセルの値が最終的な（過剰間隙水圧消散後の）変位量

※：括弧内の数値は現況を 1.00 とした時の比率

5.4.1.1 CASE1

(1) 背後地盤の対策（護岸背後0~50m改良）

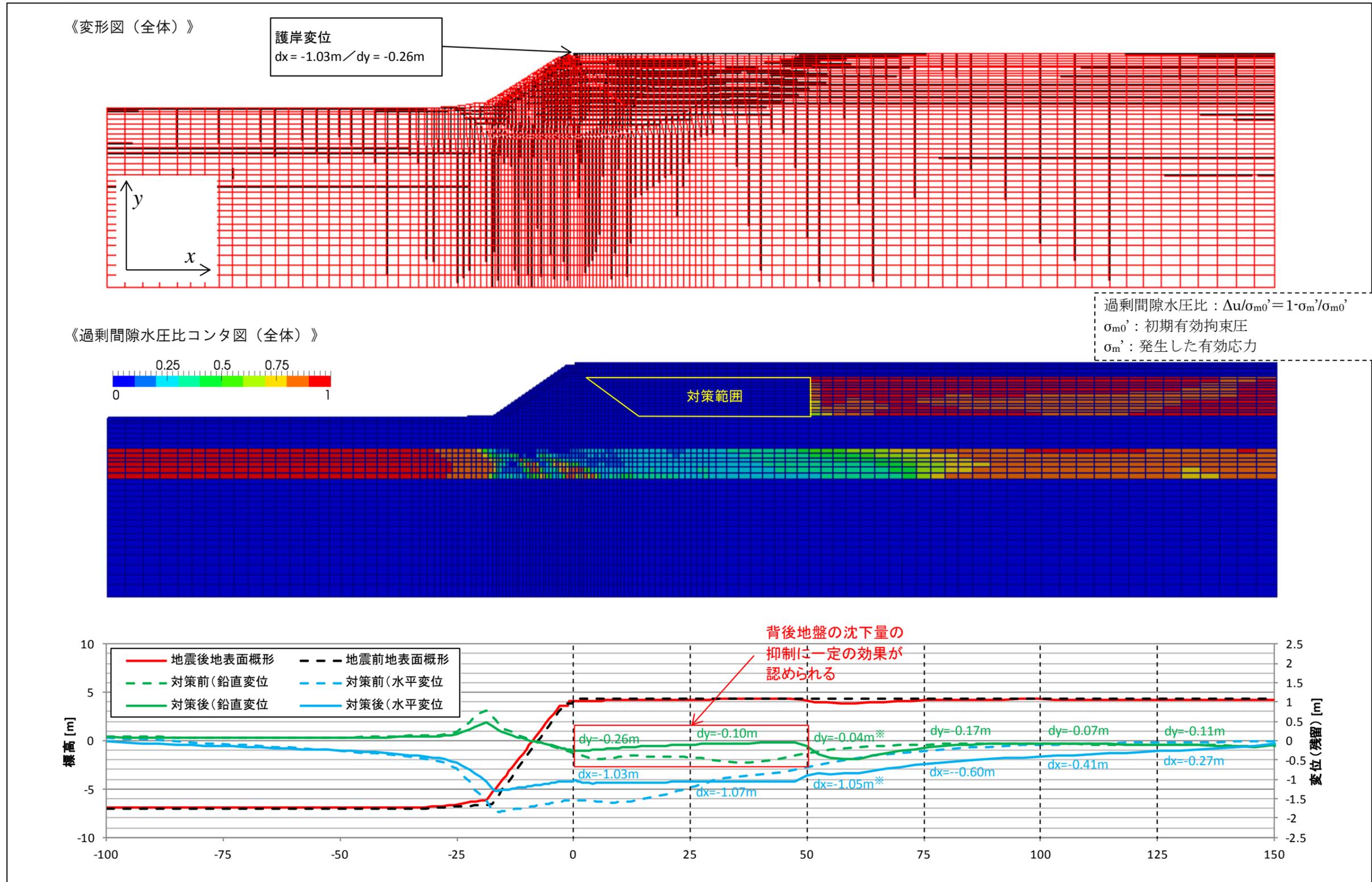


図 5.4.1 解析結果（全体図 CASE1 護岸背後50m改良）

(2) 護岸の対策（護岸直下軟弱粘性土層改良）

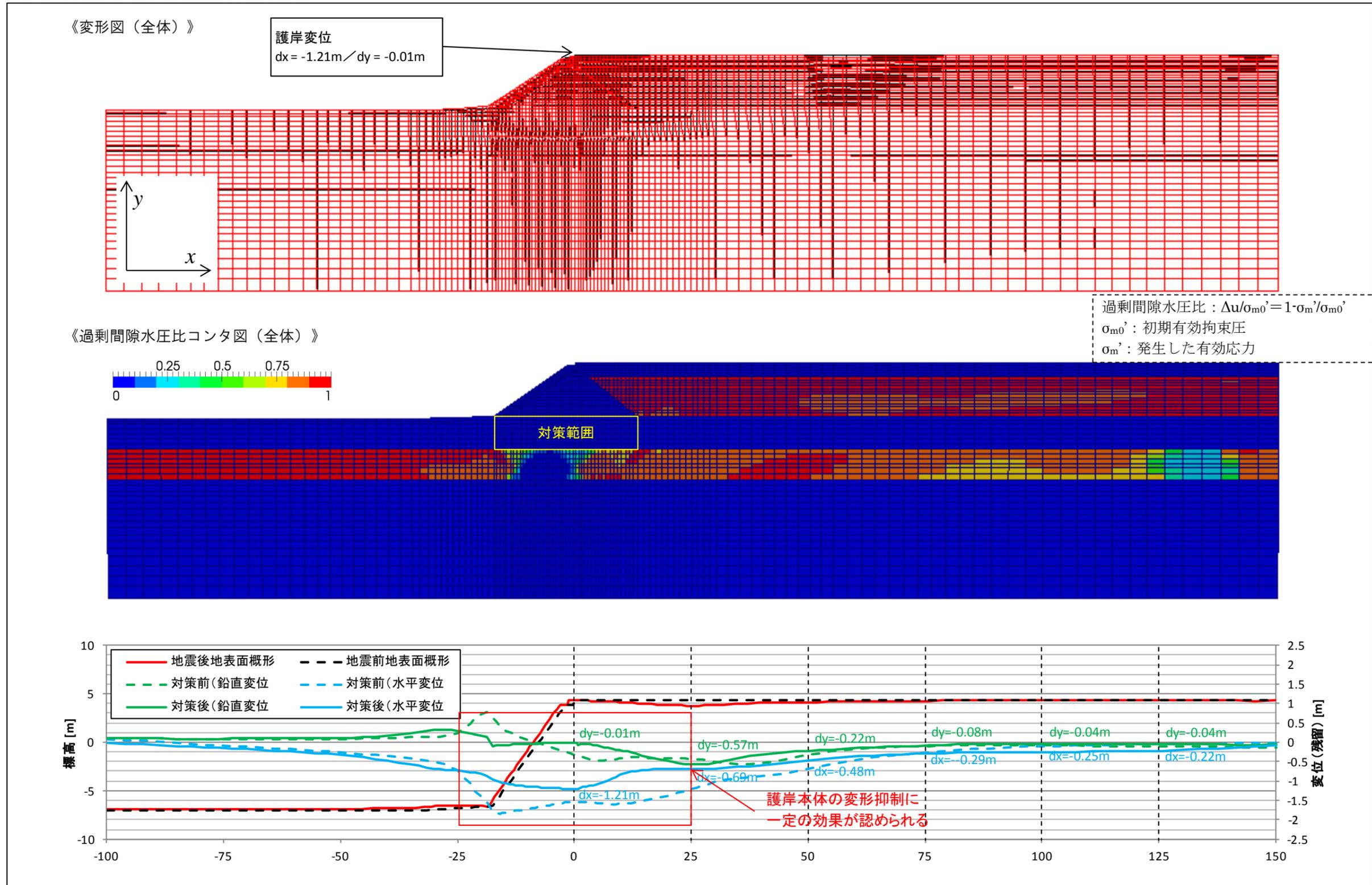


図 5.4.2 解析結果（全体図 CASE1 護岸直下改良）

5.4.1.2 CASE2

(1) 背後地盤の対策（護岸背後0~50m改良）

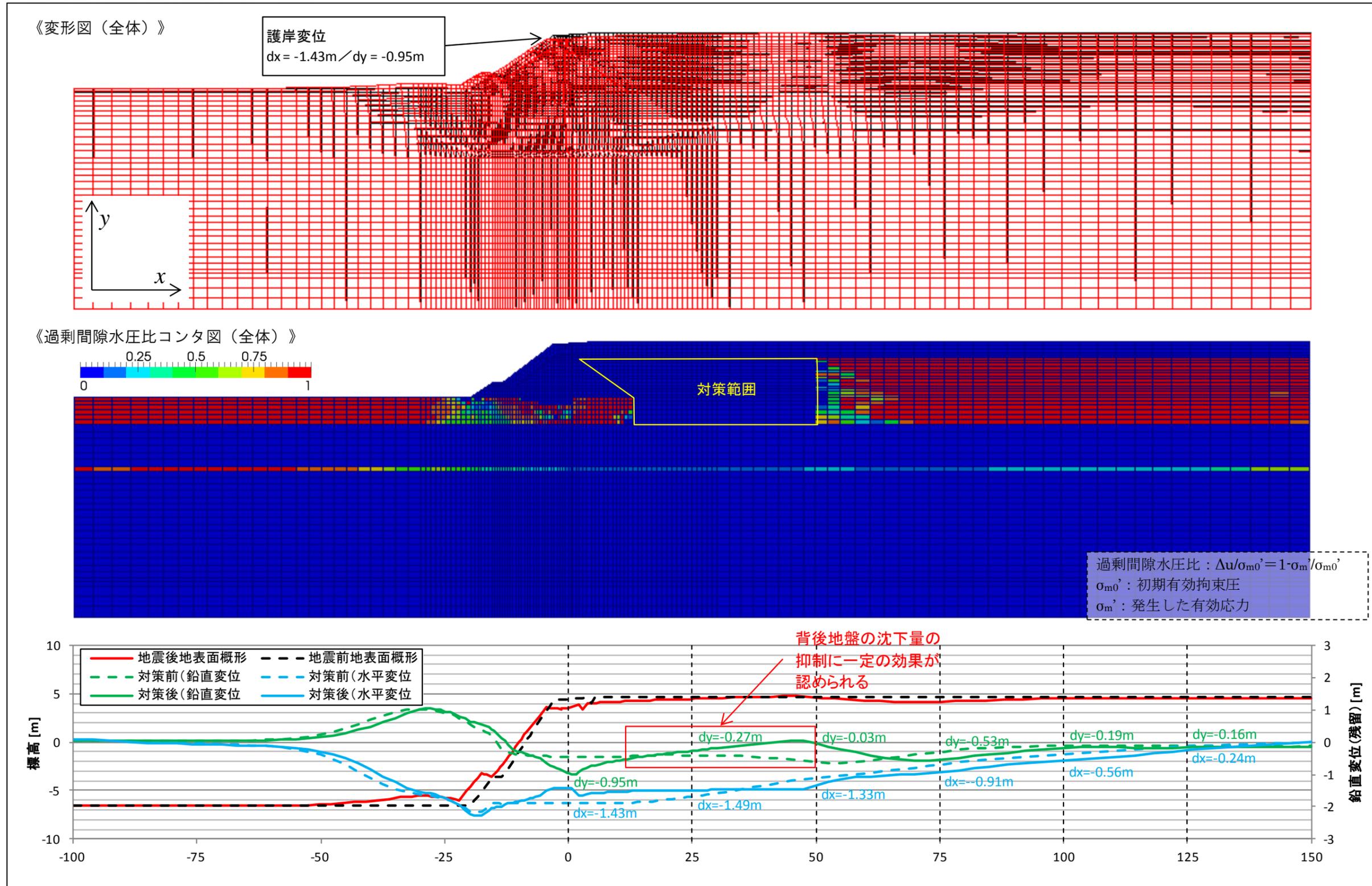


図 5.4.3 解析結果（全体図 CASE2 護岸背後0-50m改良）

(2) 背後地盤の対策（護岸背後 50~100m 改良）

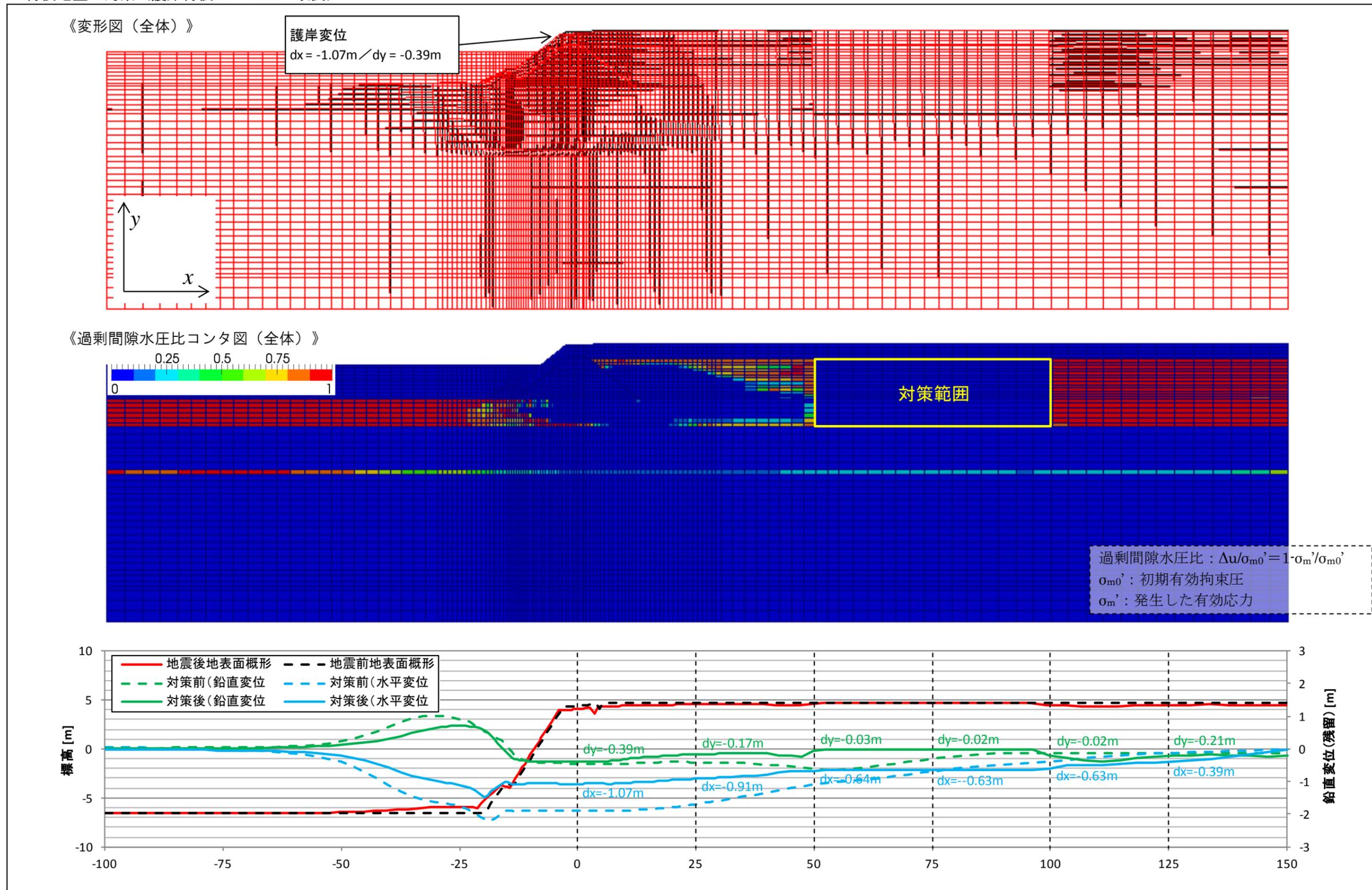


図 5.4.4 解析結果（全体図 CASE2 護岸背後 50-100m 改良）

(3) 護岸の対策（護岸直下液状化層・軟弱粘性土層改良）

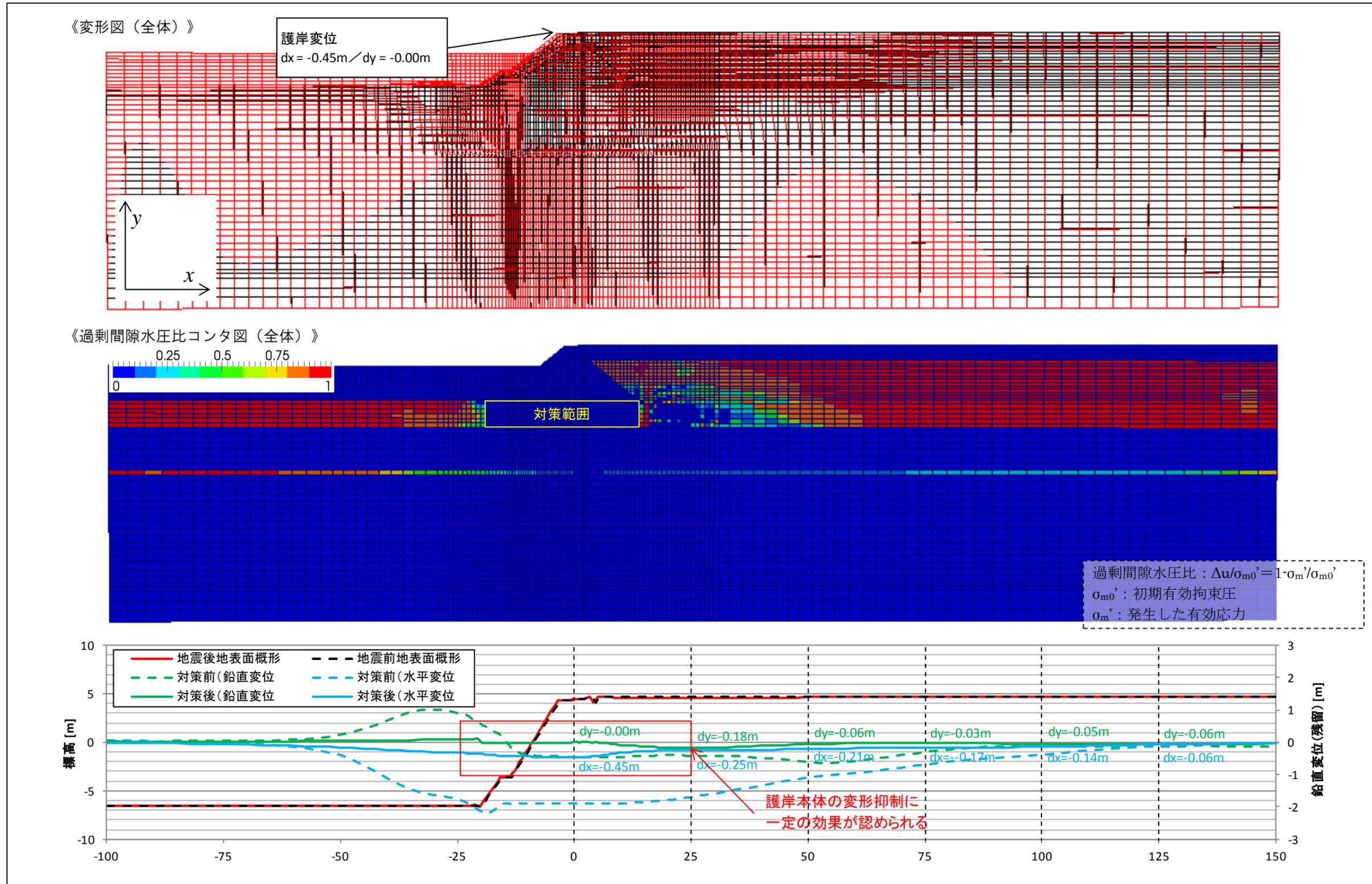


図 5.4.5 解析結果（全体図 CASE2 護岸直下改良）

5.4.1.3 CASE3

背後地盤の対策（護岸背後 25m 改良）

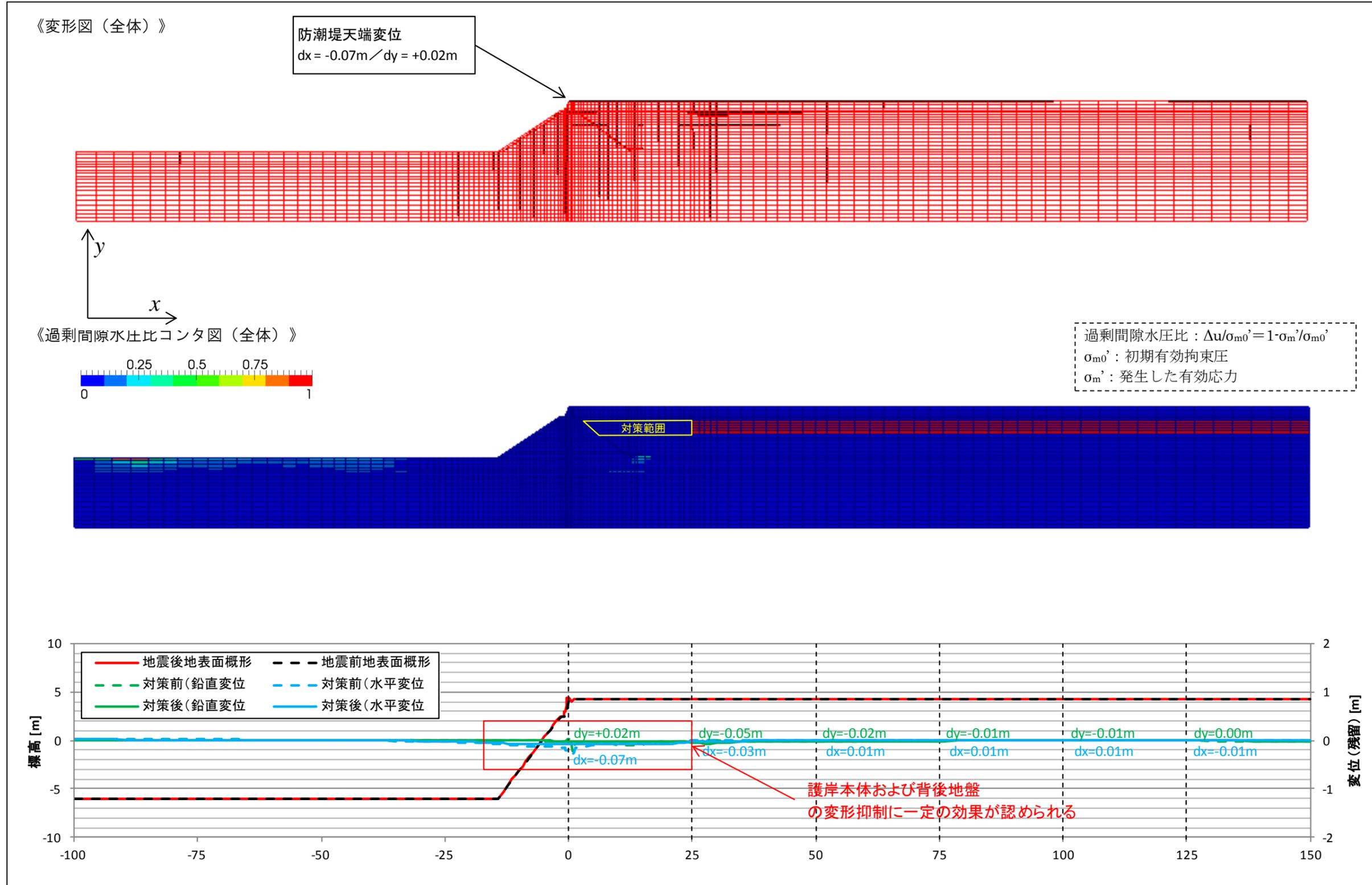


図 5.4.6 解析結果（全体図 CASE3 護岸背後 0-25m 改良）

5.5. 対策工とその効果

対策工とその効果について、図 5.5.1 に一覧にまとめた。なお、液状化対策は液状化層の出現深度、厚さ、液状化層の土質性状等によってその対策効果が異なる。よって、液状化対策を計画・設計する際には、当該地点における土質調査（ボーリング調査，原位置試験，室内土質試験）を実施し、液状化対策の設計を行うことが必要である。

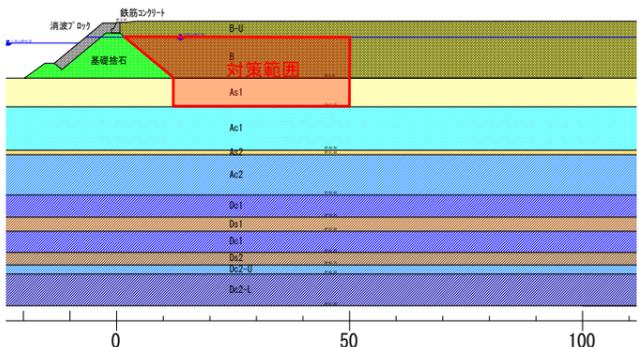
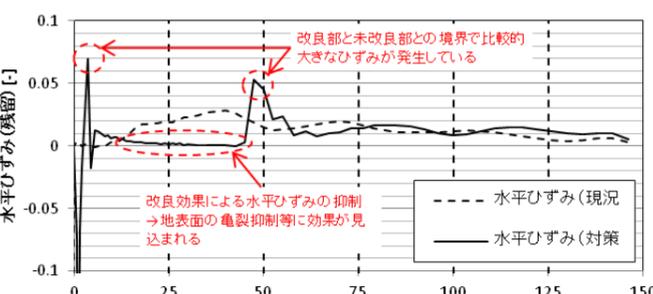
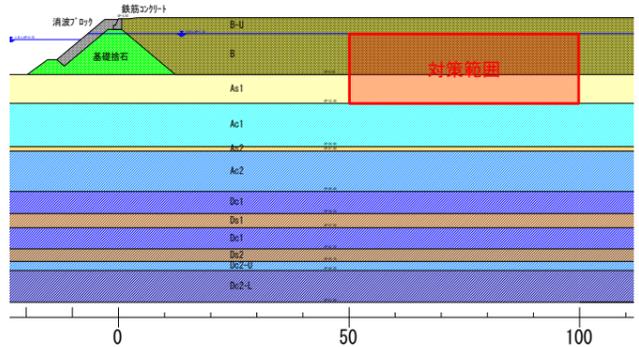
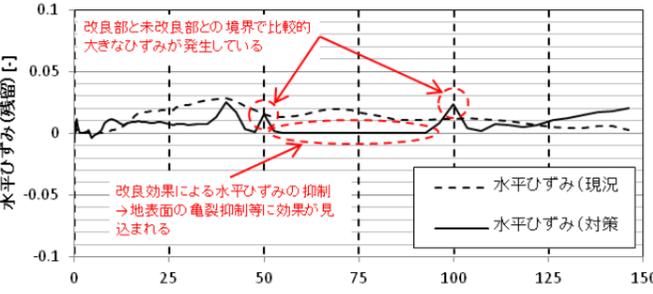
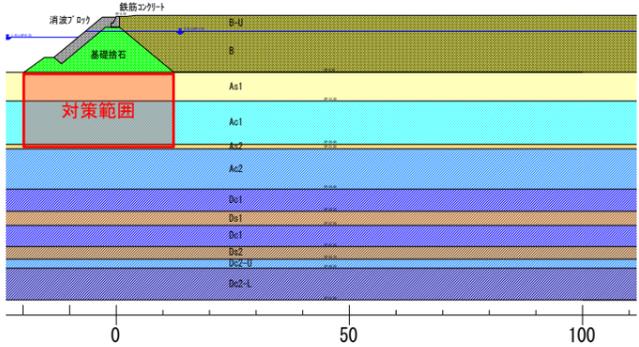
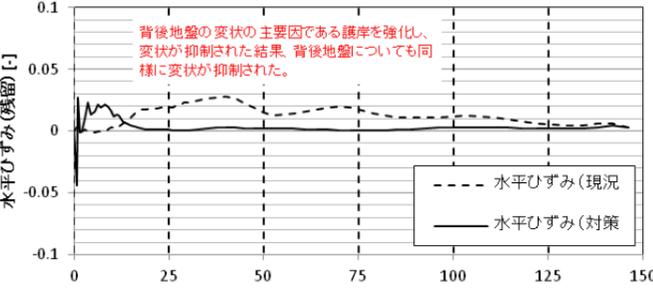
ケース	参照図	対策工法と対策効果	参考図表（水平ひずみによる評価）
<p>(1) 護岸直背後 改良範囲：0～25 または 50m</p> 	<p>図 5.4.1 図 5.4.3 図 5.4.6</p>	<p>・護岸直背後の液状化層を改良する</p> <p>①改良範囲の鉛直変位の抑制</p> <p>②地盤ひずみ（水平方向）の低減 →改良範囲が一体となって変位 →地表面の亀裂の抑制等の効果</p> <p>③護岸天端の変位および海側基礎地盤の水平変位の低減 →液状化により護岸本体に作用する液状化層の流動圧が低減されたことによる効果</p> <p>④改良地盤と未改良地盤との境界に比較的大きなひずみが発生 →実施設計では改良範囲に勾配を設けることで対応する</p>	 <p>※参考として CASE2 の結果を示している</p>
<p>(2) 護岸背後施設 改良範囲：50～100m</p> 	<p>図 5.4.4</p>	<p>・護岸背後（護岸法線から 50m 以遠）を改良する。 ※本ケースは、重要構造物が当該範囲にあることを考慮し、その区間は対策済みであることが想定されること、もしくは構造物直下を対策した場合を想定している。</p> <p>①基礎砕石側—対策範囲（非液状化エリア）を囲むことによるせん断ひずみ低減と変位の低減 →護岸背後の液状化範囲（過剰間隙水圧上昇範囲）が低減</p> <p>②改良地盤と未改良地盤との境界に比較的大きなひずみが発生 →実施設計では改良範囲に勾配を設けることで対応する</p>	 <p>※参考として CASE2 の結果を示している</p>
<p>(3) 護岸直下 改良範囲：液状化層または軟弱粘性土層</p> 	<p>図 5.4.2 図 5.4.5</p>	<p>・護岸直下の液状化層または軟弱粘性土層を改良する。</p> <p>①護岸本体の変状（特に水平変位）の低減</p> <p>②護岸変位の低減に伴う護岸背後の変位の低減</p>	 <p>※参考として CASE2 の結果を示している</p>

図 5.5.1 対策工とその効果の考察